

Ученому секретарю
диссертационного совета 31.1.002.01
при НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ,
к.т.н. М.А. Горбовцу

105005, г. Москва, ул. Радио, д. 17
E-mail: admin@viam.ru

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Елютина Евгения Сергеевича «Разработка жаропрочных никелевых сплавов V и VI поколений с повышенной длительной прочностью для монокристаллических лопаток перспективных авиационных ГТД», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Диссертация Елютина Е.С. посвящена актуальной и практически очень важной задаче разработки новых более жаропрочных никелевых сплавов для литья монокристаллических лопаток перспективных авиационных ГТД, работающих в экстремально тяжелых эксплуатационных условиях. Улучшение служебных характеристик материала лопаток позволяет повысить температуру газа в турбине, а, следовательно, и ее эффективность, а также повысить надежность ГТД, что является критически важным для обеспечения безопасности авиационных полетов.

В работе разработаны два новых жаропрочных сплава V и VI поколений с повышенной длительной прочностью, ВЖМ8 и ВЖМ10. Помимо традиционного легирования эти сплавы легированы такими важными элементами как рений и рутений. В представленной работе исследуется эффект совместного легирования этими элементами. Показано, что совместное легирование рением и рутением имеет синергетический эффект, то есть легирование одним элементом усиливает эффект легирования другим.

Сплавы ВЖМ8 и ВЖМ10 разработаны методом компьютерного проектирования с учетом критериев фазовой стабильности γ/γ' -микроструктуры. Для определения областей требуемого фазового состава, $\gamma+\gamma'$, в системе Ni–Al–Re–Ru и изучения влияния легирующих элементов на физико-химические и структурно-фазовые характеристики никелевых γ/γ' -сплавов использовался метод высокоградиентной направленной кристаллизации с плоским фронтом, позволяющим получать слитки с осевой макросегрегацией легирующих элементов.

Впервые систематически было исследовано влияние знака размерного несоответствия периодов кристаллических решеток γ и γ' фаз (γ/γ' -мисфит) на структуру жаропрочных сплавов и их длительную прочность. Показано, что изменяя знак мисфита можно в процессе ползучести получить различно ориентированную пластинчатую γ/γ' -микроструктуру (рафт-структуру), ориентированную поперек образца при $a_\gamma > a_{\gamma'}$ и вдоль образца при $a_\gamma < a_{\gamma'}$. Для исследованной системы легирования более высокое сопротивление ползучести показал сплав с $a_\gamma > a_{\gamma'}$, чем сплав с $a_\gamma < a_{\gamma'}$.

Разработанные сплавы ВЖМ8 и ВЖМ10 были испытаны на кратковременную и длительную прочность, малоцикловую и многоцикловую усталость по различным режимам. Из сплава ВЖМ8 на промышленной установке УВНК-9А были отлиты лопатки для перспективного вертолетного двигателя ВК-2500П разработки АО «ОДК-Климов», а

из сплава ВЖМ10 на промышленной установке УВНК-9А лопатки для перспективного авиационного двигателя ПД-35 разработки АО «ОДК-Авиадвигатель». Следует отметить, что создание авиационного двигателя большой тяги ПД-35 имеет принципиальное значение для развития российского авиастроения. Таким образом, проведенное в настоящей работе исследование было доведено до логического завершения - от разработки сплава до литья лопаток.

Следует отметить, что полученные в настоящей работе результаты являются новыми. Результаты работы апробированы на многих научных конференциях и представлены в ведущих отечественных журналах. Ряд статей опубликованы также на английском языке в изданиях, включенных в международные базы данных Scopus и Web of Science. На разработанные сплавы получены патенты.

В качестве замечаний по работе можно указать следующие:

- В автореферате нет сравнения характеристик отечественных жаропрочных никелевых сплавов V и VI поколений с характеристиками зарубежных аналогов. Интересно было провести такое сравнение.
- В автореферате приведены коэффициенты микросегрегации легирующих элементов, но не указано как они рассчитывались. Это несколько затрудняет понимание полученных результатов, поскольку в литературе приводятся различные формулы для расчета коэффициентов микросегрегации.

В целом, научные и практические результаты работы являются новым важным достижением в области материаловедения жаропрочных никелевых сплавов. Рассмотренная диссертационная работа на тему «Разработка жаропрочных никелевых сплавов V и VI поколений с повышенной длительной прочностью для монокристаллических лопаток перспективных авиационных ГТД» соответствует всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор, Елютин Евгений Сергеевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Директор, доктор технических наук
(05.16.06 – порошковая металлургия и композиционные материалы),
профессор, член-корреспондент РАН
Тел.: 8 (49652) 46376
E-mail: director@ism.ac.ru

Алымов Михаил Иванович
20 ноября 2023 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения
им. А.Г. Мерджанова Российской академии наук (ИСМАН)
142432 Московская обл., г. Черноголовка, ул. Академика Осипьяна, д. 8
Телефон 8 (49652) 46376; E-mail: isman@ism.ac.ru

Подпись Алымова М.И. заверяю.
Ученый секретарь ИСМАН, к.т.н.



Петров Е.В.